

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

Pohon pásového dopravníku

Driving Unit of Belt Conveyor

Student:  
Vedoucí bakalářské práce:

Vít Hendrych  
prof. Ing. Josef Jurman, CSc.

Ostrava 2010

**Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

Podpis studenta

**Prohlašuji, že**

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домии, же́ Высшая школа́ ба́ньская – Техни́ческая универси́тета Остра́ва (да́ле же́ „VŠB-TUO“) ма́ пра́во нево́дделе́чно к сво́ей внутре́шней потре́бе бакала́рскую пра́цу у́жии (§ 35 одст. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было́ сже́днано, же́ с VŠB-TUO, в пра́падэ́ за́йма з же́й стра́ны, уза́вру ли́цен́ии с́млову́ с опра́вне́ии у́жии д́ло в ро́сзату § 12 одст. 4 ау́торского́ за́кона.
- было́ сже́днано, же́ у́жии сво́е д́ло – бакала́рскую пра́цу же́бо по́сқы́тнот ли́цен́ии к же́йму́ ву́жии мо́гу же́ се со́уласе́м VŠB-TUO, ќе́ра́ же́ опра́вне́на в та́ковэ́м пра́падэ́ о́де́ мне́ по́зadı́ват пра́мере́ны́ пра́спе́век на у́граду́ на́клату́, ќе́ре́ бы́лы VŠB-TUO на ву́творе́ии д́ла ву́на́ло́же́ны (а́ж до же́йих́ ску́те́че́ной ву́ше).
- беру на ве́домии, же́ о́де́взда́ии сво́е́й пра́це со́уласи́м се́ зу́ве́ре́жне́ии сво́е́й пра́це по́дле́ за́кона́ ч. 111/1998 Sb., о́ ву́со́кых́ шко́лах́ а́ о́ зме́не́ а́ до́плне́ии да́льших́ за́коно́в (за́кон о́ ву́со́кых́ шко́лах́), ве́ зне́ии́ по́здэ́жших́ пра́де́пису́, бе́з о́гле́ду на́ ву́сле́дек же́йи́ о́бха́йобы́.

V Ostravě :.....

.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Vít Hendrych

Adresa trvalého pobytu autora práce:

17.listopadu 16  
747 06 Opava, ČR

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

HENDRYCH, V. *Pohon pásového dopravníku : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 55 s. Vedoucí práce: Jurman, J.

Bakalářská práce se zabývá návrhem a výpočtem pohonné jednotky pásového dopravníku. Zadaný pásový dopravník je určen pro dopravu černého uhlí. Bakalářská práce je rozdělena na tři hlavní části. První část bakalářské práce obsahuje souhrn všech druhů obložení hnacích bubnů. Druhá část práce se zabývá samotným výpočtem a návrhem jednotlivých částí pohonu pásového dopravníku. V poslední části bakalářské práce se nachází analýza součinitele tření pro jednotlivé varianty obložení hnacích bubnů. Podle této analýzy vybereme nejvhodnější druh obložení hnacího bubnu pro zadaný pásový dopravník.

## ANNOTATION OF THESIS

HENDRYCH, V. *Driving Unit of Belt Conveyor : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machinery and Design, 2010, 55 p. Thesis head: Jurman, J.

Bachelor thesis deals with a constructional proposal and calculation of the Belt Conveyor. The Belt conveyor is designed for transportation of coal. This thesis is divided into three main parts. The first part includes a summary of all types of driving drums pads. The second part deals with the calculation of the Driving Unit. The last part is the analysis of friction coefficient for different variants of driving drums. According to this analysis, we select the most suitable type of drive drum pads for a given conveyor belt.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

| Značka              | Význam  | Jednotka                      |
|---------------------|---|-------------------------------|
| $\lambda_v$         | úhel sklonu bočních válečků   | °                             |
| $\Psi_{\text{dyn}}$ | dynamický sypný úhel  | °                             |
| $\rho_s$            | sypná hmotnost  | $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ |
| B                   | šířka dopravního pásu   | m                             |
| b                   | využitelná ložná šířka pásu   | m                             |
| $b_1$               | světlá šířka bočního vedení   | m                             |
| C                   | součinitel vedlejšího odporu  | -                             |
| $D_b$               | průměr hnacích bubnů  | m                             |
| e                   | základ přirozených logaritmů  | -                             |
| F                   | obvodová síla na poháněcím bubnu  | N                             |
| f                   | globální součinitel tření   | -                             |
| $F_0$               | odbíhající síla   | N                             |
| $F_1$               | síla potřebná pro překonání pohybových odporů dopravníku                  | N                             |
| $F_2$               | síla potřebná k překonání dopravní výšky                                  | N                             |
| $F_B$               | odpor v ohybu pásu na bubnu a v ložiskách bubnu                           | N                             |
| $F_{BV}$            | odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením                     | N                             |
| $F_C$               | odpor čističe pásu  | N                             |
| $F_{\text{dov}}$    | dovolená tahová síla  | N                             |
| $F_{\text{max}}$    | největší tah v pásu   | N                             |
| $F_n$               | nabíhající síla   | N                             |
| $F_{N1}$            | odpor setrvačných sil v místě nakládky a v oblasti urychlování            | N                             |
| $F_{N2}$            | odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením v místě urychlování | N                             |
| $F_{\text{ns}}$     | skutečná nabíhající síla  | N                             |
| $F_{\text{os}}$     | skutečná odbíhající síla  | N                             |
| $F_p$               | přídavné a vedlejší odpory dopravníku                                     | N                             |
| $F_S$               | odpor shrnovače materiálu   | N                             |
| $F_{\text{sv}}$     | odpor shazovacího vozu  | N                             |
| $F_z$               | napínací síla   | N                             |
| g                   | tíhové zrychlení  | $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$  |

| Značka   | Význam   | Jednotka                      |
|----------|--|-------------------------------|
| H        | celkové převýšení  | m                             |
| $i_p$    | převodový poměr převodovky   | -                             |
| $i_{ps}$ | skutečný převodový poměr převodovky  | -                             |
| $J_{b1}$ | moment setrvačnosti poháněcího bubnu   | $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ |
| $J_{b2}$ | moment setrvačnosti vratného bubnu   | $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ |
| $J_M$    | moment setrvačnosti motoru   | $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ |
| $J_p$    | moment setrvačnosti převodovky   | $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ |
| $J_{s1}$ | moment setrvačnosti spojky   | $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ |
| $J_{s2}$ | moment setrvačnosti spojky   | $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ |
| k        | součinitel sklonu  | -                             |
| $k_\phi$ | součinitel plnění pásu   | -                             |
| $k_1$    | součinitel korekce vrchlíku náplně pásu  | -                             |
| $k_b$    | součinitel bezpečnosti brzy  | -                             |
| $k_s$    | statická bezpečnost proti prokluzu dopravního pásu na hnacím bubnu                             | -                             |
| L        | délka dopravníku   | m                             |
| $L_0$    | přídavná délka dopravníku  | m                             |
| $L_1$    | délka spodního válečku   | m                             |
| $L_3$    | délka horních válečků  | m                             |
| $L_N$    | délka násypky  | m                             |
| $M_B$    | moment použité brzdy   | N·m                           |
| $M_{B1}$ | brzdňý moment potřebný k zastavení dopravníku  | N·m                           |
| $M_{B2}$ | brzdňý moment potřebný k udržení dopravního pásu v klidu                                       | N·m                           |
| $M_{DM}$ | dynamický moment od zpoždění posuvných a rotačních hmot dopravníku redukováný na hřídel motoru | N·m                           |
| $M_M$    | jmenovitý moment elektromotoru   | N·m                           |
| $m_p$    | měrná hmotnost dopravního pásu   | $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$ |
| $m_p'$   | plošná hmotnost dopravního pásu  | $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ |
| $M_{SM}$ | statický moment od zatížení dopravníku redukováný na hřídel motoru                             | N·m                           |
| $m_v$    | měrná hmotnost rotujících částí válečků  | $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$ |
| $m_{vh}$ | měrná hmotnost rotujících částí horních válečků  | $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$ |
| $m_{vs}$ | měrná hmotnost rotujících částí spodních válečků   | $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$ |

| <b>Značka</b>   | <b>Význam</b>  | <b>Jednotka</b>   |
|-----------------|--|-------------------|
| $n_B$           | počet nepoháněných bubnů                                       | -                 |
| $n_b$           | počet brzd   | -                 |
| $n_C$           | počet čističů pásu   | -                 |
| $n_e$           | počet použitých elektromotorů                                  | -                 |
| $n_M$           | otáčky motoru  | $s^{-1}$          |
| $n_{vh}$        | počet válečků horní větve                                      | -                 |
| $n_{vs}$        | počet válečků spodní větve                                     | -                 |
| $P$             | potřebný provozní výkon pohonu pásového dopravníku             | kW                |
| $P_M$           | příkon zvoleného elektromotoru                                 | kW                |
| $Q$             | dpravované množství  | $t \cdot h^{-1}$  |
| $q$             | měrná hmotnost dopravovaného materiálu                         | $kg \cdot m^{-1}$ |
| $S_1$           | plocha horní části průřezu náplně                              | $m^2$             |
| $S_2$           | plocha dolní části průřezu náplně                              | $m^2$             |
| $S_p$           | požadovaný průřez náplně pásu                                  | $m^2$             |
| $S_s$           | skutečná náplň pásu  | $m^2$             |
| $t_1$           | rozteč podpěr horní větve                                      | m                 |
| $t_2$           | rozteč podpěr dolní větve                                      | m                 |
| $t_b$           | doba brždění dopravníku  | s                 |
| $v$             | rychlost pásu  | $m \cdot s^{-1}$  |
| $v_0$           | složka rychlosti dopravovaného materiálu ve směru pohybu pásu  | $m \cdot s^{-1}$  |
| $w$             | měrný pohybový odpor dopravníku                                | -                 |
| $\alpha_{G1,2}$ | úhel opásání poháněcího bubnu dopravním pásem                  | $^\circ$          |
| $\varepsilon$   | úhel sklonu dopravníku   | $^\circ$          |
| $\eta$          | účinnost poháněcí stanice                                      | -                 |
| $\eta_{max}$    | maximální účinnost poháněcí stanice                            | -                 |
| $\mu_1$         | součinitel tření mezi poháněcím bubnem a dopravním pásem       | -                 |
| $\mu_2$         | součinitel tření mezi poháněcím bubnem a dopravním pásem       | -                 |
| $\mu_B$         | součinitel tření mezi dopravovaným materiálem a bočním vedením | -                 |
| $\Sigma J_b$    | moment setrvačnosti všech bubnů dopravníku                     | $kg \cdot m^{-2}$ |
| $\sigma_{dov}$  | dovolené namáhání dopravního pásu v tahu                       | $N \cdot m^{-1}$  |

## OBSAH

|   |           |
|---|-----------|
| <b>SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ .....</b>                  | <b>5</b>  |
| <b>ÚVOD.....</b>  | <b>10</b> |
| <b>1 PÁSOVÝ DOPRAVNÍK .....</b>                                 | <b>11</b> |
| 1.1 Hlavní části pásových dopravníků .....                      | 12        |
| 1.2 Poháněcí stanice.....                                       | 13        |
| 1.2.1 Hnací bubny .....   | 16        |
| <b>2 DRUHY OBLOŽENÍ BUBNU .....</b>                             | <b>19</b> |
| 2.1 Hladký ocelový buben .....                                  | 20        |
| 2.2 Buben s keramickými destičkami .....                        | 20        |
| 2.2.1 Montáž pásu s keramickými destičkami .....                | 21        |
| 2.2.2 Keramické destičky FLEX-LAG .....                         | 21        |
| 2.2.3 Běžné typy keramického obložení.....                      | 22        |
| 2.3 Obložení pryží.....   | 23        |
| 2.4 Speciální případy bubnů .....                               | 24        |
| 2.4.1 Hnací magnetický buben .....                              | 24        |
| 2.4.2 Žebrové bubny .....                                       | 25        |
| 2.4.3 Klecové bubny .....                                       | 25        |
| <b>3 POŽADAVKY NA DOPRAVNÍK .....</b>                           | <b>26</b> |
| <b>4 VÝPOČET PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU .....</b>                      | <b>27</b> |
| 4.1 Určení základních parametrů dopravovaného materiálu .....   | 27        |
| 4.2 Volba rychlosti pásu .....                                  | 27        |
| 4.3 Požadovaný průřez náplně pásu $S_p$ .....                   | 27        |
| 4.4 Výpočet náplně pásu $S$ .....                               | 28        |
| 4.5 Srovnání $S_s$ a $S_p$ .....                                | 29        |
| 4.6 Volba pásu .....  | 30        |
| 4.7 Obvodová síla na poháněcím bubnu .....                      | 31        |
| 4.7.1 Výpočet síly potřebné k překonání pohybových odporů ..... | 31        |
| 4.7.2 Výpočet síly potřebné k překonání dopravní výšky .....    | 32        |
| 4.7.3 Výpočet přídatných a vedlejších odporů dopravníku .....   | 32        |
| 4.8 Potřebný provozní výkon pohonu pásového dopravníku .....    | 33        |
| 4.9 Volba poháněcích bubnů a vratného bubnu.....                | 34        |
| 4.10 Volba převodovky.....                                      | 37        |



|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 4.11     | Volba spojek .....  | 38        |
| 4.11.1   | Pružná spojka s brzdovým kotoučem .....                       | 38        |
| 4.11.2   | Zubová spojka.....  | 39        |
| 4.12     | Kontrola dopravníku na rozběh .....                           | 40        |
| 4.13     | Kontrola brzdy .....  | 40        |
| 4.13.1   | Brzdný moment potřebný k zastavení dopravníku .....           | 40        |
| 4.13.2   | Brzdný moment potřebný k udržení dopravního pásu v klidu..... | 41        |
| 4.14     | Volba brzdy.....  | 41        |
| 4.15     | Schéma zvolené poháněcí stanice .....                         | 42        |
| <b>5</b> | <b>ANALÝZA SOUČinitele TŘENÍ.....</b>                         | <b>43</b> |
| 5.1      | Hladký ocelový buben .....                                    | 44        |
| 5.1.1    | Kontrola dopravního pásu.....                                 | 44        |
| 5.2      | Pogumovaný hladký buben.....                                  | 45        |
| 5.2.1    | Kontrola dopravního pásu.....                                 | 45        |
| 5.3      | Pogumovaný drážkovaný buben .....                             | 46        |
| 5.3.1    | Kontrola dopravního pásu.....                                 | 46        |
| 5.4      | Pogumovaný s keramickými vložkami.....                        | 47        |
| 5.4.1    | Kontrola dopravního pásu.....                                 | 47        |
| 5.5      | Zhodnocení analýzy .....                                      | 48        |
|          | <b>ZÁVĚR .....</b>  | <b>49</b> |
|          | <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>                         | <b>50</b> |
|          | <b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>                                   | <b>52</b> |
|          | <b>SEZNAM TABULEK.....</b>                                    | <b>53</b> |
|          | <b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>                                     | <b>54</b> |

## ÚVOD

Cílem bakalářské práce je podle zadaných parametrů navrhnout optimální pohonnou jednotku pásového dopravníku. Jedná se o pásový dopravník na dopravu černého uhlí na vzdálenost 700 metrů a do výšky 100 metrů. Daný dopravník by měl dopravovat černé uhlí s výkonem 775 t/h. Výpočet pásového dopravníku částečně vychází z normy ČSN ISO 5048.

Bakalářská práce bude také obsahovat analýzu různých druhů obložení hnacích bubnů a jejich možnost využití na konkrétním pásovém dopravníku. Jako možné řešení povrchů hnacích bubnů, z kterých budu vybírat, jsem si zvolil hladký ocelový buben, pogumovaný hladký buben, pogumovaný drážkovaný buben a pogumovaný buben s keramickými vložkami. Díky této analýze pak zvolím konkrétní druh obložení hnacího bubnu s ohledem na velikost přenášených sil.

# 1 PÁSOVÝ DOPRAVNÍK

“ Pásový dopravník je určen pro přímočarou vodorovnou a úklonnou dopravu sypkých materiálů (za určitých okolností i kusových materiálu a osob) na krátké, střední i dlouhé vzdálenosti (několik kilometrů). Běžné sypké materiály je možno dopravovat dovrchně do 18°, úpadně do -12°.“ [2]

## **Výhodou pásových dopravníků je:**

- plynulá doprava s velkým dopravním výkonem
- vhodnost pro přepravu prakticky všech sypkých materiálů
- malé pohybové odpory
- bezhlučný chod
- bezpečný a spolehlivý provoz
- jednoduchá konstrukce se snadnou montáží a demontáží [2]

## **Určitou nevýhodou je:**

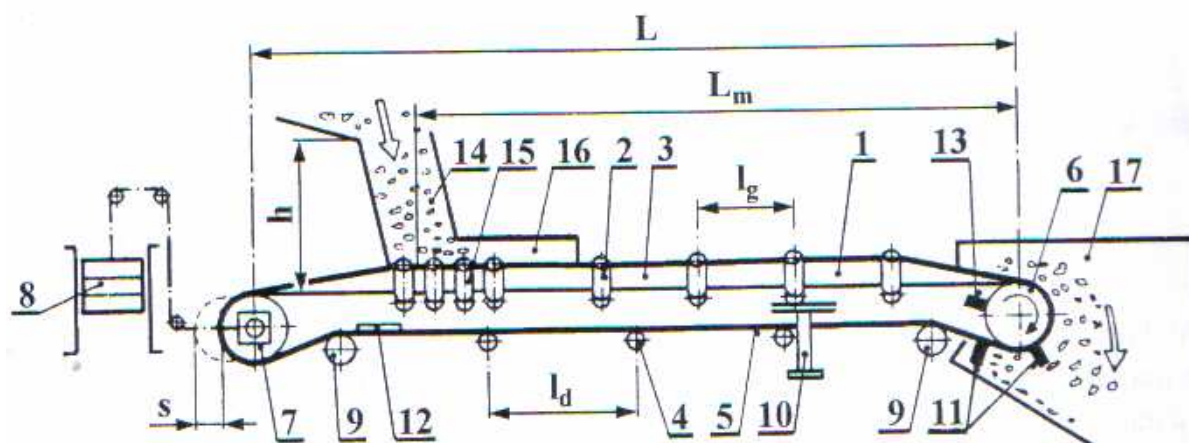
- velký počet rotujících částí (údržba)
- určité problémy s abrazivními a lepivými materiály [2]

## 1.1 Hlavní části pásových dopravníků

Hlavní prvky pásového dopravníku jsou znázorněny na **Obr.1.**

### Konstrukční prvky pásového dopravníku:

- poháněcí stanice
- vratná stanice
- napínací stanice
- nosná konstrukce
- dopravní pás
- další příslušenství (čističe pásu, shrnovače, shazovací vůz...)



*Obr.1 Schéma pásového dopravníku [1]*

- 1 – dopravní pás, 2 – horní váleček, 3 – horní větev pásu, 4 – dolní váleček, 5 – dolní větev pásu,  
 6 – hnací buben, 7 – vratný buben, 8 – mechanismus napínání pásu, 9 – naváděcí bubny,  
 10 – nosná konstrukce, 11 – čistič pásu nosné strany, 12 – čistič pásu odvrácené strany, 13 – čistič bubnu,  
 14 – násypka, 15 – dopadová stolice, 16 – boční plechy, 17 - přesyp

## 1.2 Poháněcí stanice

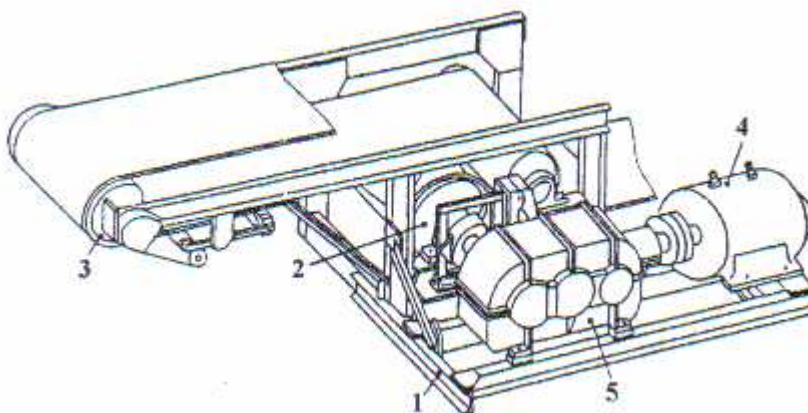
„Poháněcí stanice slouží k přeměně točivého momentu pohonu na tažnou sílu v dopravním páse „ [2]

**Poháněcí stanici tvoří:**

- Hnací buben
- Pohon (motor, převodovka, spojka, brzda...)
- Nosná konstrukce



*Obr.2 Poháněcí stanice důlního dopravníku [5]*

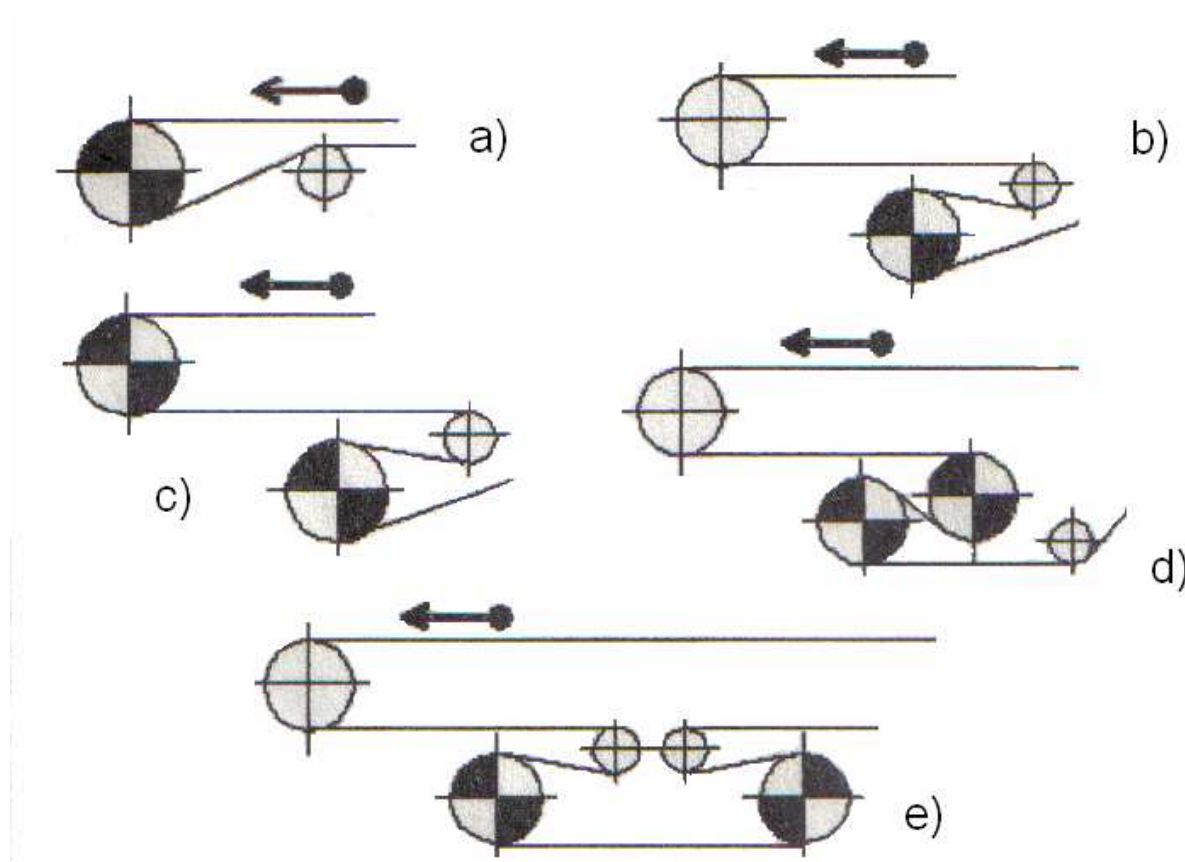


*Obr.3 Poháněcí stanice pásového dopravníku [1]*

1 – základní konstrukce, 2 – hnací buben, 3 – vratný buben, 4 – elektromotor, 5 – převodovka

Na **Obr.4** jsou schématicky znázorněny některé typy uspořádání poháněcí stanice:

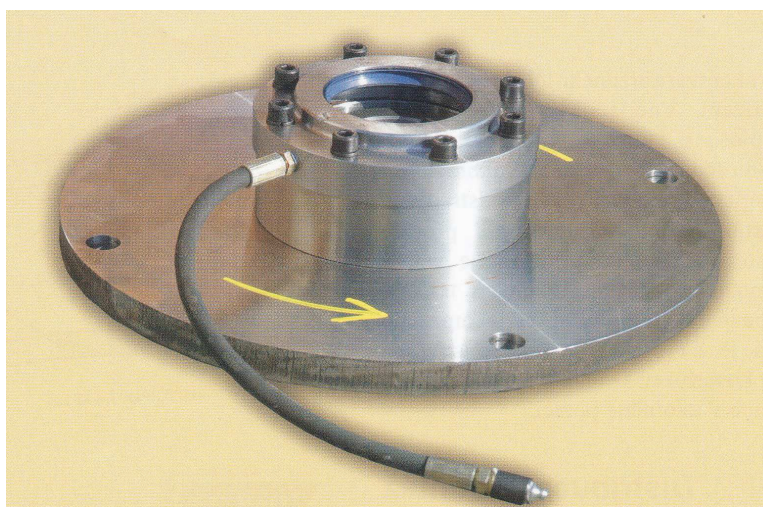
- a) jednobubnová bez výložníku
- b) jednobubnová s výložníkem
- c) dvoububnová bez výložníku
- d) dvoububnová s výložníkem tzv. S pohon
- e) dvoububnová s dvěma převáděcími bubny a s výložníkem tzv.  $\Omega$  pohon [2]



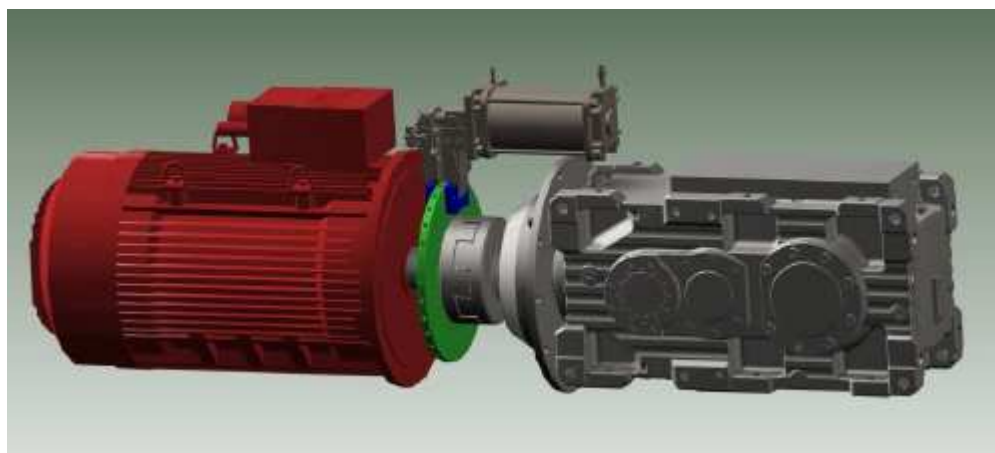
*Obr.4 Některé typy poháněcích stanic pásových dopravníků [2]*

„U jednobubnových poháněcích stanic bývá úhel opásání 180 až 250°, u dvoububnových až 2x220°. „ [2] V případě použití S pohonu musíme uvažovat s tím, že na první hnací buben nabíhá pás z druhé strany. Tedy ze strany, která je znečištěná od dopravovaného materiálu. Tento problém bychom odstranili s použitím varianty c) nebo e). U varianty e), jak je zřejmé z **Obr.4**, dochází k větším ohybům pásu.

Pro pohon pásových dopravníků se nejčastěji používají čtyřpólové asynchronní motory s kotvou na krátko. Mezi motorem a převodovkou se pak používají pružné spojky (např. Periflex). Mezi převodovkou a hnacím bubnem se pak nachází nepružná spojka. Většinou se jedná o spojku přírubovou nebo zubovou. Na vstupní straně převodovky se pak ještě nachází brzda. Používá se čelist'ová nebo kotoučová. Za určitých okolností se dá použít místo brzdy jednocestné ložisko. Toto ložisko zabráňuje zpětnému chodu dopravního pásu.

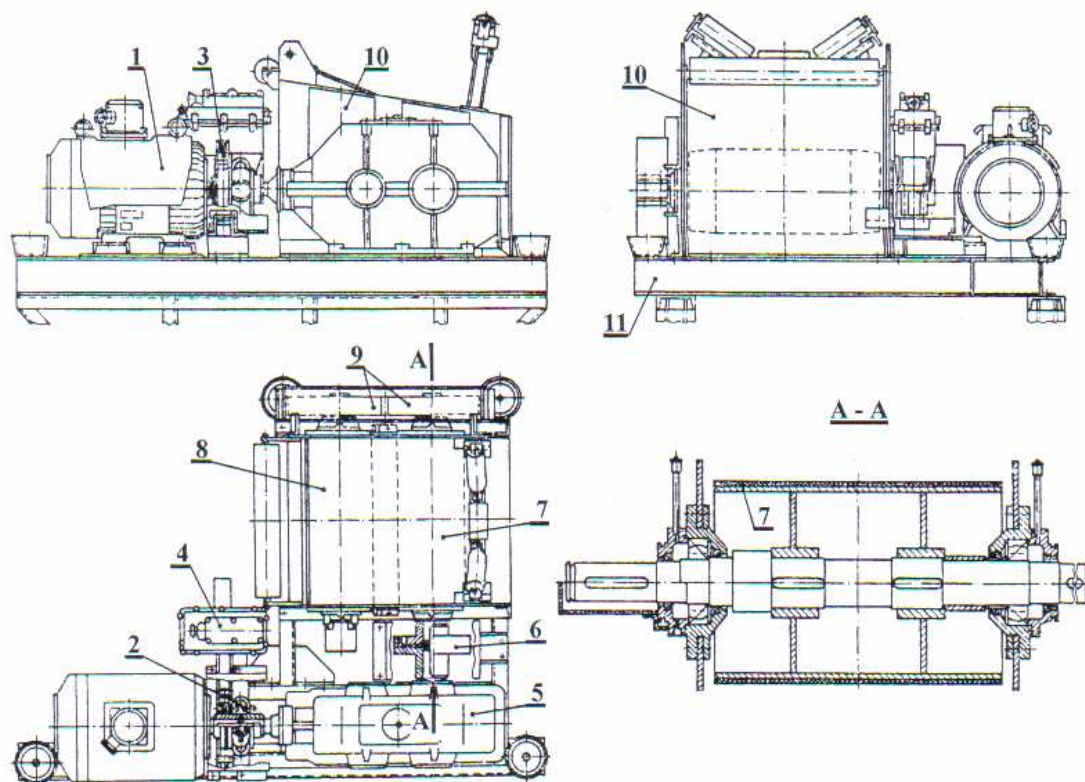


*Obr.5 Jednocestné ložisko [13]*



*Obr.6 Detail poháněcí stanice [5]*





*Obr.7 Schéma dvoububnového pohonu pásového dopravníku [1]*

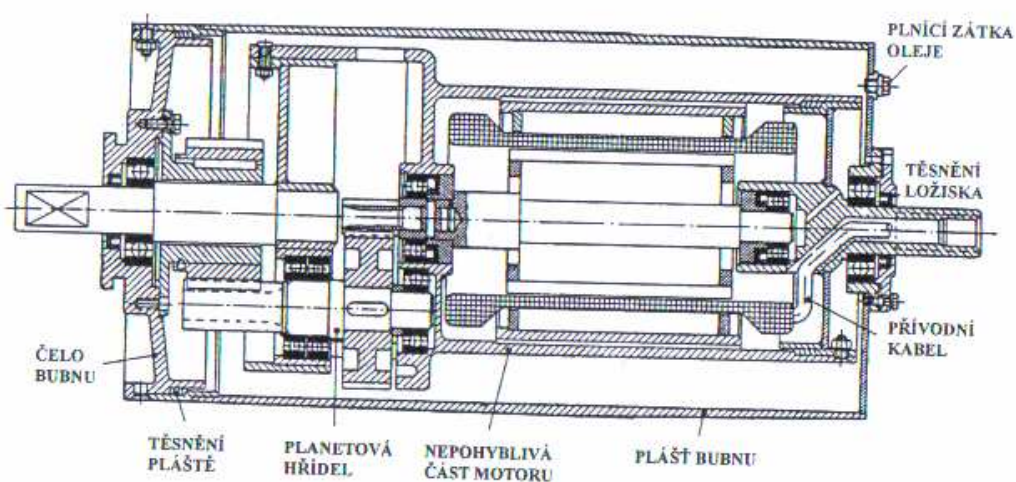
1 – elektromotor, 2 – pružná spojka, 3 – čelistová brzda, 4 – elektromagnetický spínač, 5 – převodovka, 6 – zubová spojka, 7 a 8 – hnací bubny, 9 – kinematická vazba mezi bubny, 10 – rám poháněcí stanice, 11 – základ poháněcí stanice

### 1.2.1 Hnací bubny

Hnací buben je nejčastěji svařované konstrukce. Hnací bubny jsou nejčastěji umístěné na výsypné straně dopravníku. Důležitou částí hnacího bubnu je jeho povrch (obložení). Na druhu a stavu (čistoty) povrchu bubnu závisí velikost přenášených sil. Čím čistší povrch bubnu, tím větší součinitel tření a tím menší jsou pak tahové síly na hnacím bubnu.

Samostatnou skupinou jsou tzv. elektrobubny. Tyto elektrobubny mají motor a převodové části umístěné uvnitř bubnu. Elektrobubny se nejčastěji používají pro menší výkony.





Obr.8 Řez elektrobubnem [1]



Obr.9 Uložení hnacího bubnu [4]

Podle umístění vzhledem k hnacímu bubnu pásového dopravníku mohou být pohony:

- jednostranné
- oboustranné [1]

“ Podle druhu použitého elektromotoru se pohony dělí:

- s převodovkou a elektromotorem
- s elektrobubnem
- se spalovacím motorem
- se vzduchovým motorem „ [1]

## 2 DRUHY OBLOŽENÍ BUBNU

Při návrhu pásového dopravníku je potřeba opatřit bubny poháněcích stanic co nejlepším povrchem. Velkou roli vedle druhu obložení, hraje také čistota povrchu hnacího bubnu. Oba tyto parametry hrají významnou roli v hodnotě součinitele tření mezi dopravním pásem a hnacím bubnem (viz **Tab.1**).

### Známé povrchy bubnů:

- Ocelové
- Pryžové
- Dřevěné
- S keramickými destičkami
- a další.

| <b>Povrch bubnu</b> | Ocelový hladký | Pogumovaný hladký | Pogumovaný drážkovaný | Pogumovaný s keramickými destičkami |
|---------------------|----------------|-------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| suchý               | 0,3-0,4        | 0,63-0,72         | 0,67-0,80             | 0,74-0,83                           |
| mokrý, čistý        | 0,1-0,2        | 0,21-0,28         | 0,29-0,36             | 0,48-0,78                           |
| mokrý, znečištěný   | 0,05-0,1       | 0,06-0,1          | 0,20-0,26             | 0,42-0,51                           |

*Tab.1 Orientační hodnoty součinitele tření [2]*

## 2.1 Hladký ocelový buben

Plášť bubnu je vyroben svinutím plechu, na který se dále přivaří čela. Čela bubnu jsou z plechu, litá nebo kovaná. Nevýhodou tohoto bubnu je nízký součinitel tření. Proto je hladký ocelový buben takřka nemožno použít v těžších podmínkách a při velkých výkonech.



*Obr.10 Hladký ocelový buben [16]*

## 2.2 Buben s keramickými destičkami

Obložení hnacího bubnu keramickými destičkami se používá v těžkých provozech. Keramické obložení zabraňuje prokluzu pásu i v těch nejtěžších podmínkách.

### Výhody keramiky:

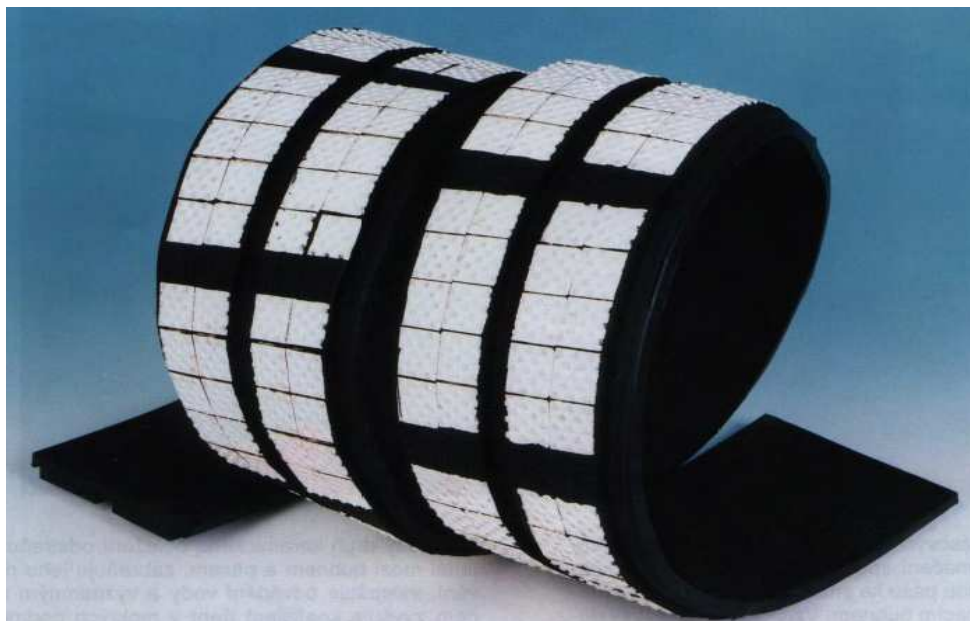
- tvrdost
- otěruvzdornost
- tepelná odolnost

### Nevýhody:

- křehkost
- vyšší cena

### 2.2.1 Montáž pásu s keramickými destičkami

Pásy s keramickými destičkami se přivažují na povrch bubnu. Z důvodu křehkosti keramických destiček si musíme dát pozor aby nedošlo ke kontaktu keramických destiček s ocelovou konstrukcí.



*Obr.11 Pryžový pásek s keramickými destičkami [4]*

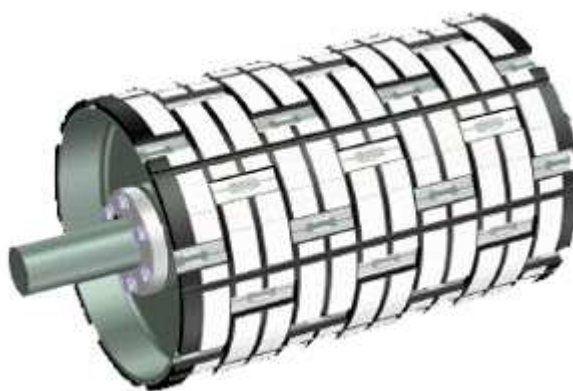
### 2.2.2 Keramické destičky FLEX-LAG

Keramika FLEX-LAG je provozuschopná i v těch nejtěžších provozech. Podobně jako u drážkovaných pogumovaných bubnů keramika FLEX-LAG umožňuje vytěsňování nánosného materiálu z povrchu hnacího bubnu. Některé zdroje uvádějí, že životnost této keramiky po více jak 12 letech provozu zůstává nezměněna.

#### **Zkušenosti s keramikou FLEX-LAG:**

- Bezproblémový rozběh pásu
- Výrazné zvýšení bezpečnosti provozovaných zařízení
- Vysoká životnost upraveného bubnu (12 let a více)

- Úspora elektrické energie (instalace motoru o nižším výkonu)
- Úspora pracovních sil
- Možnost prodloužení tratí (až o 30 %)
- Odolnost keramiky proti chemikáliím
- Elektrostatická nevodivost použité keramiky
- Snadná instalace
- Snadná případná oprava poškozeného místa na bubnu [3]

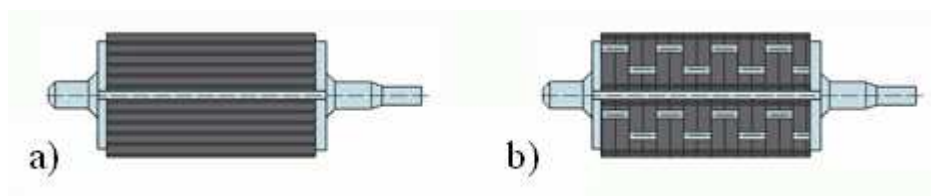


*Obr.12 Keramické obložení bubnů Flex-Lag Weld [17]*

### 2.2.3 Běžné typy keramického obložení

Instalace běžného keramického obložení se provádí lepením nebo přivařením na buben v závislosti na typu keramiky.

**Běžné typy keramického obložení:**



*Obr.13 Typy keramického obložení [19]*

a) keramika - obkládací proužky, instalace lepením, b) keramika - obkládací proužky upevněny na kovovém plátu, instalace přivařením

## 2.3 Obložení pryží

Pogumování hnacího bubnu způsobuje lepší přenosovou schopnost tažné síly z bubnu na pás. Pogumování dále zabraňuje opotřebovávání pláště bubnu a spodní vrstvy dopravního pásu. Dále pak zlepšuje odvod vody. Pogumované hnací bubny se vyrábějí ve dvou provedeních. Buď je buben hladký nebo je opatřen drážkami. Hnací buben opatřen drážkami ještě více zvyšuje součinitel tření a zlepšuje odvod vody.



*Obr.14 Pogumovaný hnací buben pásového dopravníků [20]*



*Obr.15 Pogumovaný hnací buben [15]*

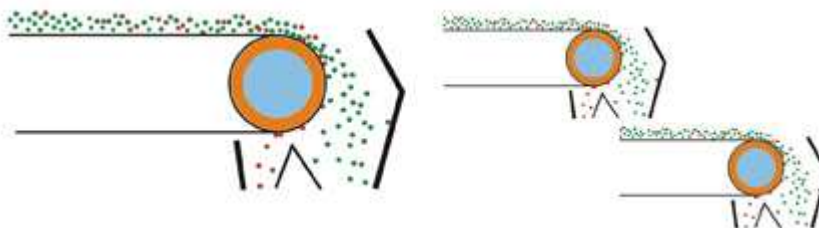
## 2.4 Speciální případy bubnů

### 2.4.1 Hnací magnetický buben

Hlavním úkolem magnetického hnacího bubnu je separace materiálu. Jedná se o separaci magnetických částic ze sypkých materiálů. Tento buben se používá pro separaci magnetických částic ze sypkých materiálů malé zrnitosti. Magnetický buben pracuje na principu přitažlivosti magnetického pole. Materiál, který je dopravníkem dopravován se nad hnacím bubnem dostane do magnetického pole a magnetické částice jsou pak tímto polem přitahovány k bubnu. Jakmile se magnetický materiál dostane ven z magnetického pole, tak dopadá dále na jiné místo než ostatní nemagnetický materiál.



*Obr.16 Hnací magnetický buben HMB [14]*



*Obr.17 Princip magnetického bubnu [14]*



### 2.4.2 Žebrové bubny

Jejich hlavní funkci je odlepování nalepeného materiálu na dopravním pásu.



*Obr.18 Žebrový buben [18]*

### 2.4.3 Klecové bubny

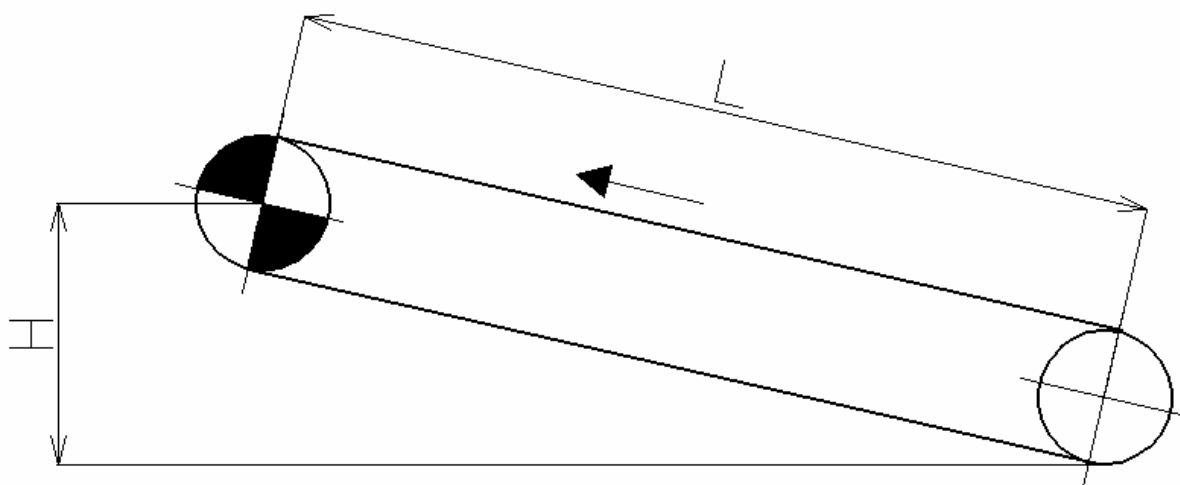
Má stejnou funkci jako žebrový buben. Používá se pro dopravu velmi vlhkých materiálů.



*Obr.19 Klecový buben [18]*

### 3 POŽADAVKY NA DOPRAVNÍK

|                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| Délka trati:              | $L = 700 \text{ m}$   |
| Celkové převýšení:        | $H = 100 \text{ m}$   |
| Dopravované množství:     | $Q = 775 \text{ t/h}$ |
| Přepravovaný materiál:    | černé uhlí            |
| Šířka dopravního pásu:    | $B = 1,2 \text{ m}$   |
| Uspořádání horní stolice: | tříválečkové          |



Obr.20 Schéma navrhovaného dopravníku

## 4 VÝPOČET PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

Celý výpočet byl dělán podle literatury [2]

### 4.1 Určení základních parametrů dopravovaného materiálu

| Dopravovaná hmota | Sypná hmotnost<br>$\rho_s$ [kg/m <sup>3</sup> ] | Dynamický sypný úhel<br>$\psi_{\text{dyn}}$ [°] | Největší úhel sklonu<br>dopravníku<br>[°] |
|-------------------|---|---|---|
| Černé uhlí        | 850   | 18  | 18  |

Tab.2 Hodnoty základních parametrů dopravovaného materiálu [1]

### 4.2 Volba rychlosti pásu

Nejběžnější rychlosti dopravního pásu: 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15

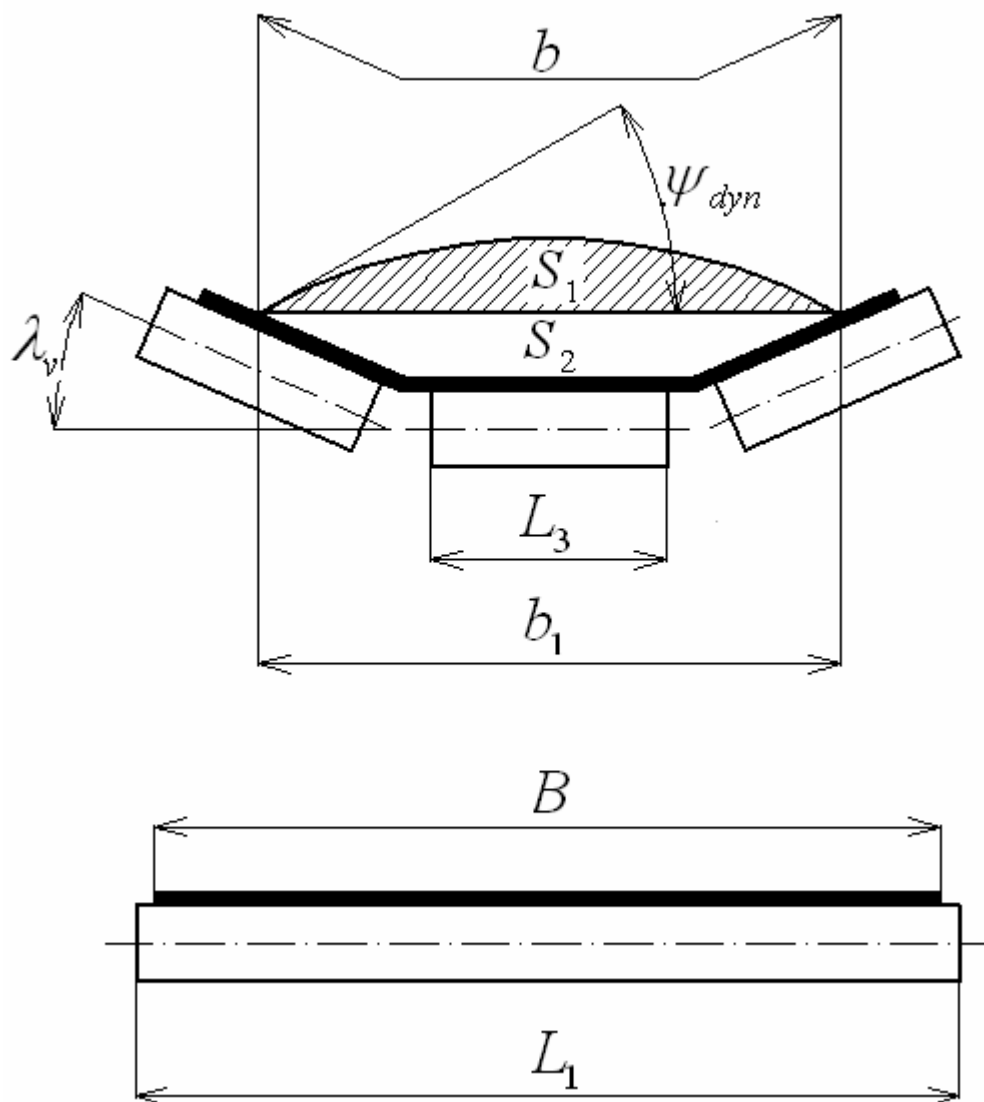
Zvolena rychlost  $v = 3,15$  m/s

### 4.3 Požadovaný průřez náplně pásu $S_p$

$$S_p = \frac{Q}{3,6 \cdot k_\phi \cdot \rho_s \cdot v} = \frac{775}{3,6 \cdot 0,8 \cdot 850 \cdot 3,15} = 0,1005 \text{ m}^2 \quad [4.1]$$

$k_\phi$ -koeficient plnění <0,7 ; 0,9> [-] volím  $k_\phi=0,8$

#### 4.4 Výpočet náplně pásu S



Obr.21 Schéma tríválekového uspořádání

Byly vybrány hladké válečky od firmy Stomil CZ s.r.o

| šířka pásu<br>$B$<br>[ m ] | průměry<br>horních a<br>dolních<br>válečků<br>[ mm ] | délka<br>spodního<br>válečku<br>$L_1$ [ m ] | hmotnost<br>spodního válečku<br>$m_{vs}$ [ kg ] | délka<br>horních<br>válečků<br>$L_3$ , [ m ] | hmotnost<br>horního<br>válečku<br>$m_{vh}$ [ kg ] |
|----------------------------|--|---|---|--|---|
| 1,2                        | 133  | 1,4   | 18,8  | 0,465  | 6,9   |

Tab.3 Rozměry zvolených válečků [6]

$$S = S_1 + S_2 = \frac{1}{6} \cdot b_1^2 \cdot \operatorname{tg} \psi_{\text{dyn}} + \frac{1}{4} \cdot (b_1^2 - L_3^2) \cdot \operatorname{tg} \lambda_v \quad [4.2]$$

$$S = \frac{1}{6} \cdot 1,011^2 \cdot \operatorname{tg} 18^\circ + \frac{1}{4} \cdot (1,011^2 - 0,465^2) \cdot \operatorname{tg} 15^\circ$$

$$S = 0,10927 \text{ m}^2$$

**Úhel sklonu bočních válečků zvolen  $\lambda_v = 15^\circ$**

$$S_1 = \frac{1}{6} \cdot b_1^2 \cdot \operatorname{tg} \psi_{\text{dyn}} = \frac{1}{6} \cdot 1,011^2 \cdot \operatorname{tg} 18^\circ = 0,0553 \text{ m} \quad [4.3]$$

**Využitelná ložná šířka pásu:**

$$b = 0,9 \cdot B - 0,05 = 0,9 \cdot 1,2 - 0,05 = 1,03 \text{ m} \quad [4.4]$$

**Světla šířka bočního vedení:**

$$b_1 = b \cdot \cos \lambda_v + L_3 \cdot (1 - \cos \lambda_v) = 1,03 \cdot \cos 15^\circ + 0,465 \cdot (1 - \cos 15^\circ) = 1,011 \text{ m} \quad [4.5]$$

**Součinitel sklonu:**

$$k = 1 - \frac{S_1}{S} \cdot (1 - k_1) = 1 - \frac{0,0553}{0,10927} \cdot (1 - 0,7740) = 0,9427 \quad [4.6]$$

$$k_1 = \left( \frac{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \psi_{\text{dyn}}}{1 - \cos^2 \psi_{\text{dyn}}} \right)^{0,5} = \left( \frac{\cos^2 8,21 - \cos^2 18}{1 - \cos^2 18} \right)^{0,5} = 0,8867 \quad [4.7]$$

**Úhel sklonu pásového dopravníku:**

$$\varepsilon = \arcsin \frac{H}{L} = \arcsin \frac{100}{700} = 8,21^\circ \quad [4.8]$$

„Je-li dopravovaná hmota dopravovaná na skloněnou část pásu, nutno S násobit korekčním součinitelem:“ [2]

$$S_s = k \cdot S = 0,9427 \cdot 0,10927 = 0,10301 \text{ m}^2 \quad [4.9]$$

## 4.5 Srovnání $S_s$ a $S_p$

Musí být zajištěna podmínka, že skutečný průřez náplně musí být větší než požadovaný průřez náplně.

$$S_s > S_p$$

$$0,10301 > 0,1005$$

**Podmínka je splněna**

## 4.6 Volba pásu

Po konzultaci s firmou MATADOR mi byl doporučen dopravní pás **EP 1000/3** od firmy MATADOR. Jedná se o gumotextilní dopravní pás pro přepravu materiálu v podzemí



Obr.22 Zvolený pás v praxi [7]

| Jmenovitá<br>pevnost<br>v tahu | Dovolené<br>namáhání v<br>tahu | Celková<br>tloušťka | Plošná<br>hmotnost   |
|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------|
| 1000 N/mm                      | 100 N/mm                       | 7,4 mm              | 11 kg/m <sup>2</sup> |

Tab.4 Parametry zvoleného pásu

**Měrná hmotnost dopravního pásu:**

$$m_p = m_p' \cdot B = 11 \cdot 1,2 = 13,2 \text{ kg} / \text{m}$$

[4.10]

## 4.7 Obvodová síla na poháněcím bubnu

$$F = F_1 + F_2 + F_p \quad [4.11]$$

„ $F_1$  - síla potřebná pro překonání pohybových odporů dopravníku [N] (hlavní odpory dopravníku)

$F_2$  - síla potřebná k překonání dopravní výšky [N]

$F_p$  - přídatné a vedlejší odpory dopravníku (vázány na konkrétní odpor) [N] „ [2]

### 4.7.1 Výpočet síly potřebné k překonání pohybových odporů

$$F_1 = w \cdot L \cdot g \cdot [(q + 2 \cdot m_p) \cdot \cos \varepsilon + m_v] \quad [4.12]$$

$$F_1 = 0,023 \cdot 700 \cdot 9,81 \cdot [(68,34 + 2 \cdot 13,2) \cdot \cos 8,21 + 26,9] = 18714 \text{ N}$$

**Pro delší dopravníky  $L \geq 80$  m platí vztah:**

$$w = C \cdot f = 1,129 \cdot 0,02 = 0,023 \quad [4.13]$$

globální součinitel tření  $f$  byl zvolen 0,02

**Měrná hmotnost rotujících částí válečků:**

$$m_v = \frac{m_{vh} \cdot n_{vh}}{t_1} + \frac{m_{vs} \cdot n_{vs}}{t_2} = \frac{6,9 \cdot 3}{1} + \frac{18,8 \cdot 1}{3} = 26,9 \text{ kg/m} \quad [4.14]$$

$n_{vh}$  - počet válečků v horní větvi       $n_{vh}=3$  válečky

$n_{vs}$  - počet válečků ve spodní větvi       $n_{vs}=1$  váleček

$t_1$  - rozteč podpěr horní větve       $t_1 = 1 \text{ m}$

$t_2$  - rozteč podpěr spodní větve       $t_2 = 3 \text{ m}$

**Součinitel vedlejšího odporu:**

$$C = \frac{L + L_0}{L} = \frac{700 + 90}{700} = 1,129$$

$$C \geq 1,02 \quad \text{- podmínka vyhovuje} \quad [4.15]$$

$$1,129 \geq 1,02$$

$L_0$  - přídatná délka  $\langle 70; 100 \rangle$  [m] volím  $L_0 = 90 \text{ m}$

**Měrná hmotnost dopravovaného materiálu**

$$q = \frac{Q}{3,6 \cdot v} = \frac{775}{3,6 \cdot 3,15} = 68,34 \text{ kg/m} \quad [4.16]$$

**4.7.2 Výpočet síly potřebné k překonání dopravní výšky**

$$F_2 = q \cdot H \cdot g = 68,34 \cdot 700 \cdot 9,81 = 67044 \text{ N} \quad [4.17]$$

**4.7.3 Výpočet přídatných a vedlejších odporů dopravníku**

$$F_p = F_{N1} + F_{N2} + n_B \cdot F_B + n_C \cdot F_C + F_{BV} + F_S + F_{Sv} \quad [4.18]$$

$$F_p = 678 + 26 + 2 \cdot 1000 + 1.480 + 0 + 0 + 0 = 3184 \text{ N}$$

Dopravník obsahuje 2 nepoháněné bubny ( $n_B=2$ ) a jeden čistič pásu ( $n_C=1$ ). Shrnovač materiálu, boční vedení ani shazovací vůz nebude součástí dopravníku ( $F_S, F_{BV}, F_{Sv} = 0$ ).

**Odpor setrvačných sil v místě nakládky a v oblasti urychlování:**

$$F_{N1} = q \cdot v \cdot (v - v_o) = 68,34 \cdot 3,15 \cdot (3,15 - 0) = 678 \text{ N} \quad [4.19]$$

**Odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením v místě urychlování:**

$$F_{N2} = \frac{\mu_B \cdot q^2 \cdot g \cdot L_N}{\rho_s \cdot b_1^2} = \frac{0,6 \cdot 68,34^2 \cdot 9,81 \cdot 0,8429}{850 \cdot 1,011^2} = 26 \text{ N} \quad [4.20]$$

$$L_N = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot g \cdot \mu_B} = \frac{3,15^2 - 0}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,6} = 0,8429 \text{ m} \quad [4.21]$$

**Odpor v ohybu pásu na bubnu a v ložiskách bubnu:**

$$F_B = 1000 \text{ N}$$

**Odpor čističe pásu:**

$$F_C = 400 \cdot B = 400 \cdot 1,2 = 480 \text{ N} \quad [4.22]$$



**Výsledná obvodová síla na poháněcím bubnu:**

$$F = F_1 + F_2 + F_p$$

$$F = 18714 + 67044 + 3184 \quad [4.23]$$

$$F = 88942 \text{ N}$$

**Největší tah v pásu:**

$$F_{\max} = F \cdot k_s = 88942 \cdot 1,3 = 115625 \text{ N} \quad [4.24]$$

## 4.8 Potřebný provozní výkon pohonu pásového dopravníku

$$P = \frac{F \cdot v}{10^3 \cdot \eta} = \frac{88942 \cdot 3,15}{10^3 \cdot 0,95} = 294,9 \text{ kW} \quad [4.25]$$

Na dopravník byl zvolen dvoububnový pohon.

$$P_M \geq \frac{P}{n_e} = \frac{294,9}{2} = 147,45 \text{ kW} \quad [4.26]$$

Zvolen elektromotor **1LG4316-4AA** o příkonu 160 kW. Motor je od výrobce Siemens. Jedná se o čtyřpólový asynchronní elektromotor s rotorem nakrátko.



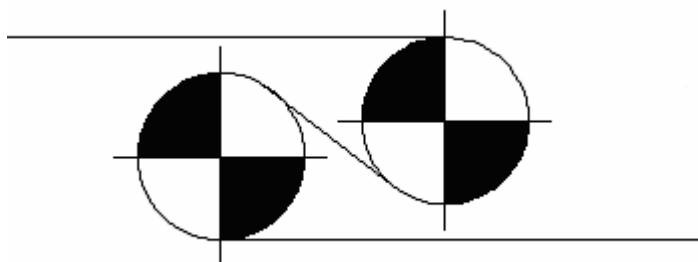
Obr.23 Elektromotor 1LG4316-4AA [8]

|                             |                      |
|-----------------------------|----------------------|
| Jmenovité otáčky            | 1486 ot/min          |
| Hmotnost:                   | 955 kg               |
| Moment setrvačnosti $J_M$ : | $2,88 \text{ kgm}^2$ |
| Jmenovitý moment $M_M$ :    | 1028 Nm              |

Tab.5 Parametry zvoleného elektromotoru

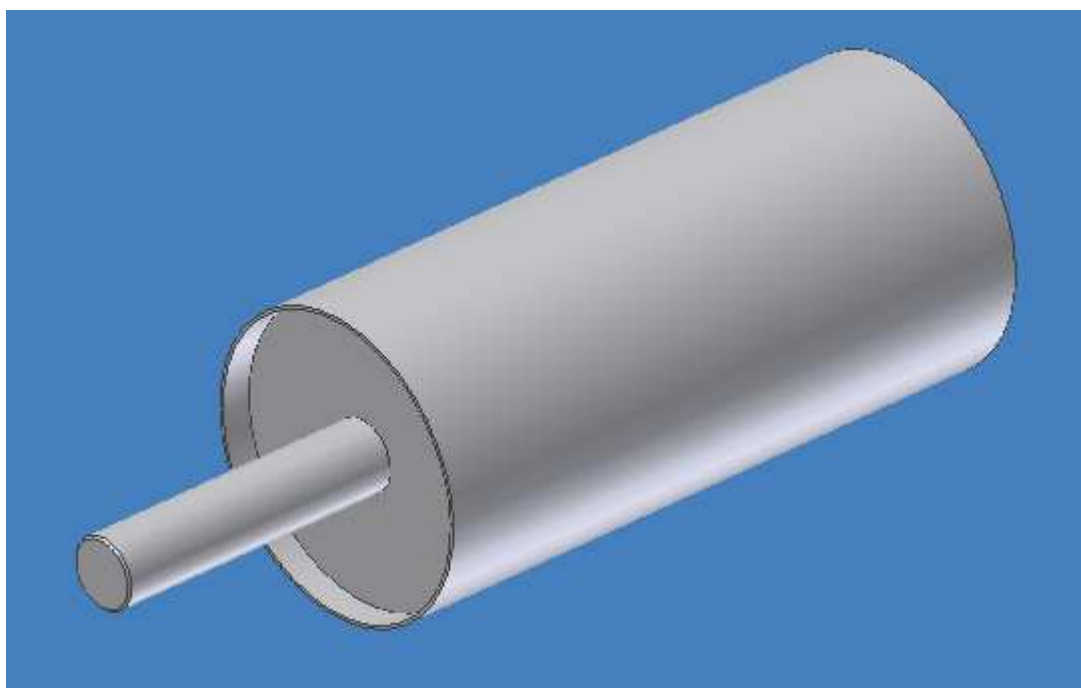
## 4.9 Volba poháněcích bubnů a vratného bubnu

Pro zadaný pásový dopravník byla zvolena dvoububnová poháněcí stanice s výložníkem tzv. S-pohon.



*Obr.24 Schéma uspořádání poháněcí stanice*

V dalším kroku byl hnací a vratný buben vymodelován v programu Autodesk Inventor. Díky přibližnému 3D modelu obou bubnů jsem byl schopen zjistit jejich hmotnost a hlavně moment setrvačnosti, který budeme v dalších krocích potřebovat.



*Obr.25 3D model hnacího bubnu*

Na následujícím obrázku vidíme jednotlivé parametry vymodelovaného hnacího bubnu:

The screenshot shows a software window for defining parameters. It includes the following sections:

- Materiál:** A dropdown menu set to 'Ocel' and an 'Aktualizovat' button.
- Hustota:** A text input field containing '7,840E-006 ( kg/( mm^3 )'.
- Přesnost:** A dropdown menu set to 'Velmi vysoké' and a 'Schránka' button.
- Obecné vlastnosti:**
  - Hmotnost:** 280,188 kg
  - Plocha:** 6,942E+006 mm<sup>2</sup>
  - Objem:** 3,574E+007 mm<sup>3</sup>
- Vlastnosti setrvačnosti:**
  - Buttons for 'Hlavní' and 'XYZ'.
  - Hlavní momenty:**
    - I1: 1,139E+008 kg·m<sup>2</sup>
    - I2: 1,139E+008 kg·m<sup>2</sup>
    - I3: 1,704E+007 kg·m<sup>2</sup>
  - Poloměry setrvačnosti:**
    - Rx: 0,00E+000 deg
    - Ry: 0,00E+000 deg
    - Rz: 0,00E+000 deg

Obr.26 Parametry hnacího bubnu

|  |              |
|--|--------------|
| <b>šířka pásu B [ mm ]</b>                                     | <b>1200</b>  |
| <b>průměr bubnu D<sub>b</sub> [ mm ]</b>                       | <b>630</b>   |
| <b>moment setrvačnosti J<sub>B1</sub> [ kg.m<sup>2</sup> ]</b> | <b>17,04</b> |
| <b>hmotnost m [ kg ]</b>                                       | <b>280</b>   |

Tab.6 Parametry poháněcího bubnu

Na následujícím obrázku vidíme jednotlivé parametry vymodelovaného vratného bubnu:

The screenshot shows a software interface for defining the properties of a return drum. It is organized into several sections:

- Materiál:** A dropdown menu set to 'Ocel' (Steel) and an 'Aktualizovat' (Update) button.
- Hustota:** A text input field containing '7,840E-006 ( kg/( mm^3 )'.
- Přesnost:** A dropdown menu set to 'Velmi vysoké' (Very high) and a 'Schránka' (Box) button.
- Obecné vlastnosti (General properties):**
  - Hmotnost (Mass):** 231,167 kg
  - Plocha (Area):** 5,351E+006 mm<sup>2</sup>
  - Objem (Volume):** 2,949E+007 mm<sup>3</sup>
- Vlastnosti setrvačnosti (Inertia properties):**
  - Buttons for 'Hlavní' (Main) and 'XYZ'.
  - Hlavní momenty (Main moments):**
    - I1: 9,116E+007 kg·m<sup>2</sup>
    - I2: 9,116E+007 kg·m<sup>2</sup>
    - I3: 8,325E+006 kg·m<sup>2</sup>
  - Poloměry setrvačnosti (Radii of gyration):**
    - Rx: 0,00E+000 deq
    - Ry: 0,00E+000 deq
    - Rz: 0,00E+000 deq

Obr.27 Parametry vratného bubnu

|  |             |
|--|-------------|
| <b>šířka pásu B [ mm ]</b>                                     | <b>1200</b> |
| <b>průměr bubnu D [ mm ]</b>                                   | <b>500</b>  |
| <b>moment setrvačnosti J<sub>B2</sub> [ kg.m<sup>2</sup> ]</b> | <b>8,32</b> |
| <b>hmotnost m [ kg ]</b>                                       | <b>231</b>  |

Tab.7 Parametry vratného bubnu

## 4.10 Volba převodovky

**Převodový poměr:**

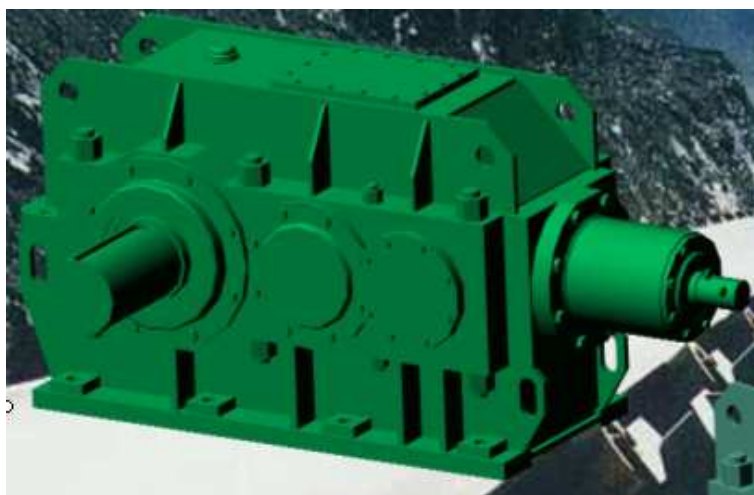
$$i_p = \frac{n_M}{v} \cdot \pi \cdot D_b = \frac{24,76}{3,15} \cdot \pi \cdot 0,63 = 15,56 \rightarrow \text{zvolen převodový poměr } \mathbf{16} \quad [4.27]$$

$$n_M = 1486 \text{ ot/min} = 24,76 \text{ ot/s}$$

Volím kuželočelní převodovku od firmy MKV Ozubená kola s.r.o. Jedná se o převodovku, která se používá pro pásovou dopravu. Jde o typ **KC-3-315:S-L-1500-16**. U druhé poháněcí stanice bude použitý stejný typ převodovky, akorát bude změna v označení. Označení druhé převodovky: **KC-3-315:S-R-1500-16**. Ozubená čelní kola převodovky jsou tvrzená a broušená, kuželová kola tvrzená.

| <b>KC-3-400</b>                  |                       |                        |
|----------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Převodový poměr převodovky       | <b>i<sub>ps</sub></b> | 16                     |
| Moment setrvačnosti převodovky   | <b>J<sub>p</sub></b>  | 0,266 J·m <sup>2</sup> |
| Hmotnost                         | <b>m</b>              | 1170 kg                |
| Vstupní otáčky                   | <b>N<sub>1</sub></b>  | 1500 min <sup>-1</sup> |
| Jmenovitý výkon                  | <b>P<sub>N</sub></b>  | 502 kW                 |
| Maximální výstupní točivý moment | <b>T</b>              | 50 kNm                 |

*Tab.8 Parametry zvolené převodovky*

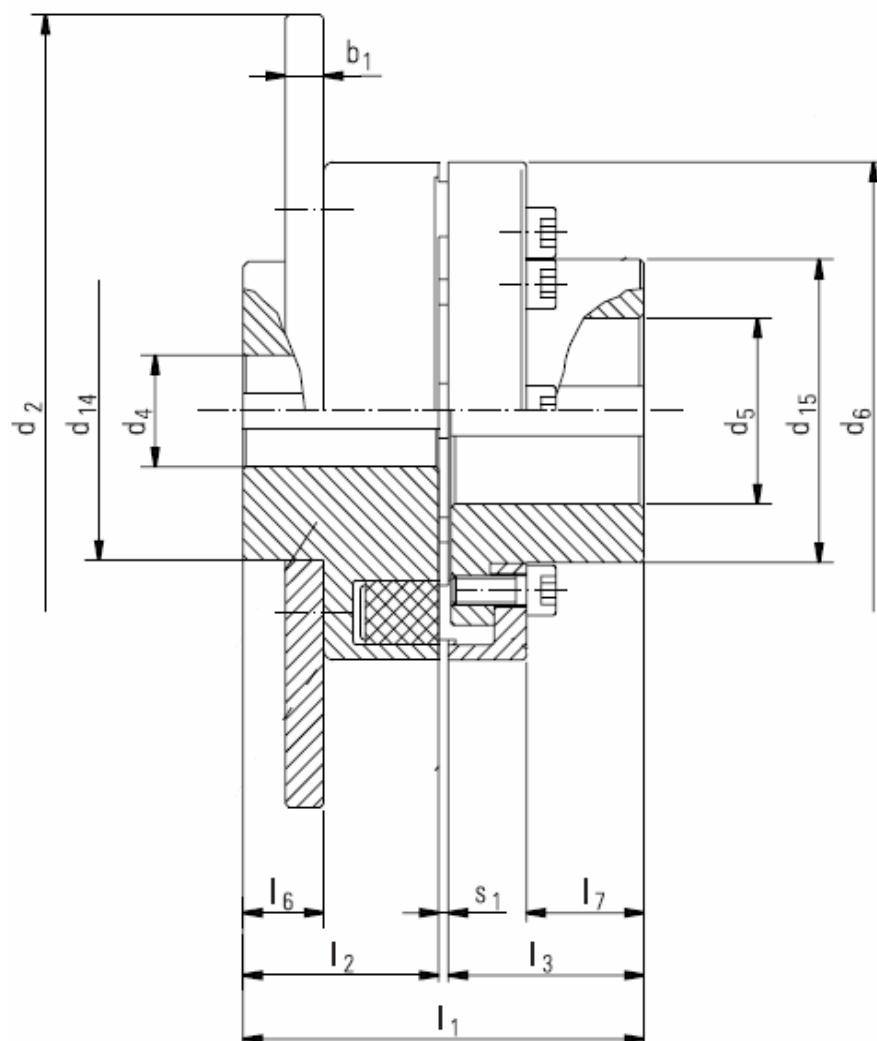


*Obr.28 Zvolená převodovka [9]*

## 4.11 Volba spojek

### 4.11.1 Pružná spojka s brzdovým kotoučem

Spojka mezi převodovkou a motorem byla zvolena pružná spojka od firmy TYMA CZ. Jedná se o spojku s označením **ELKU-N S 1250**, která je opatřena i brzdovým kotoučem.



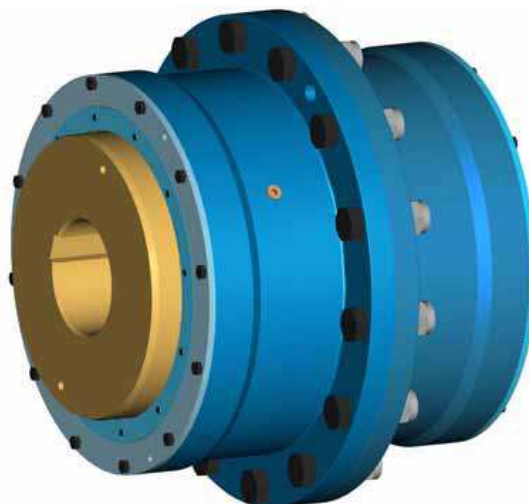
Obr.29 Pružná spojka [10]

| Hmotnost<br>[kg] | Moment setrvačnosti<br>$J_{s1}$ [kg·m <sup>2</sup> ] |
|------------------|--|
| 240,4            | 9,79   |

Tab.9 Parametry pružné spojky

#### 4.11.2 Zubová spojka

Spojka mezi převodovkou a hnacím bubnem byla zvolena zubová spojka od firmy TYMA CZ. Jedná se o spojku s označením **ZAKU A 6300**.



*Obr.30 Zubová spojka [11]*

| Hmotnost<br>[kg] | Moment setrvačnosti<br>$J_{s2}[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$ |
|------------------|---|
| 307              | 8,6   |

*Tab.10 Parametry zubové spojky*

## 4.12 Kontrola dopravníku na rozběh

Statický moment od zatížení dopravníku redukováný na hřídel motoru:

$$M_{SM} = \frac{1}{n_e} \cdot F \cdot 0,5 \cdot D_b \cdot \frac{1}{\eta \cdot i_{ps}} = \frac{1}{2} \cdot 88942 \cdot 0,5 \cdot 0,63 \cdot \frac{1}{0,95 \cdot 16} = 921,6 \text{ Nm} \quad [4.28]$$

$$M_{SM} \leq M_M$$

$$921,6 \leq 1028$$

Navrhnutý elektromotor **vyhovuje** požadavku

## 4.13 Kontrola brzdy

Dynamický moment od zpoždění posuvných a rotačních hmot dopravníku, redukováný na hřídel motoru:

$$M_{DM} = \left[ \begin{aligned} & (q + 2 \cdot m_p + m_v) \cdot L \cdot 0,5 \cdot D_b \cdot \frac{1}{\eta \cdot i_{ps}} + \frac{2 \cdot \sum J_b}{D_b} \cdot \frac{1}{\eta \cdot i_{ps}} + \\ & + n_e \cdot \frac{2 \cdot (J_P + J_{S1} + J_{S2} + J_M)}{D_b \cdot \eta} \end{aligned} \right] \cdot \frac{v}{t_b} =$$

$$= \left[ \begin{aligned} & (68,34 + 2 \cdot 13,2 + 26,9) \cdot 700 \cdot 0,5 \cdot 0,63 \cdot \frac{1}{0,95 \cdot 16} + \\ & + \frac{2 \cdot (2 \cdot 17,04 + 2 \cdot 8,32)}{0,63} \cdot \frac{1}{0,95 \cdot 16} + 2 \cdot \frac{2 \cdot (0,266 + 9,79 + 8,6 + 2,88)}{0,63 \cdot 0,95} \end{aligned} \right] \cdot \frac{3,15}{5} \quad [4.29]$$

$$M_{DM} = 1209,66 \text{ N} \cdot \text{m}$$

### 4.13.1 Brzdňý moment potřebný k zastavení dopravníku

$$M_{B1} = \frac{1}{n_B} \cdot \left[ M_{DM} - (0,7 \cdot F_1 + F_2 + F_P) \cdot 0,5 \cdot D_b \cdot \frac{\eta_{\max}}{i_{ps}} \right] \cdot k_B = \quad [4.30]$$

$$M_{B1} = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1209,66 - (0,7 \cdot 18714 + 67044 + 3184) \cdot 0,5 \cdot 0,63 \cdot \frac{0,95}{16} \right] \cdot 1,5 = -261 \text{ N} \cdot \text{m}$$



Jelikož vyšel brzdný moment potřebný k zastavení dopravníku záporně, není nutno pro tento účel použít brzdu.

#### 4.13.2 Brzdý moment potřebný k udržení dopravního pásu v klidu

$$M_{B2} = \frac{1}{n_B} \cdot \left[ (-0,7 \cdot F_1 + |F_2| - F_P) \cdot 0,5 \cdot D_b \cdot \frac{\eta_{\max}}{i_{ps}} \right] \cdot k_B \quad [4.31]$$

$$M_{B2} = \frac{1}{2} \cdot \left[ (-0,7 \cdot 18714 + |67044| - 3184) \cdot 0,5 \cdot 0,63 \cdot \frac{0,95}{16} \right] \cdot 1,5 = 712 N \cdot m$$

Tento brzdý moment již vyšel kladně, proto budu muset pro tento účel použít brzdu, která bude mít větší brzdý moment než je 712 Nm

#### 4.14 Volba brzdy

Byla zvolena čelist'ová brzda od firmy Corrbeta. Jedná se o brzdu **SPR N 30**.

$$M_{B1} i M_{B2} \leq M_B \quad [4.32]$$

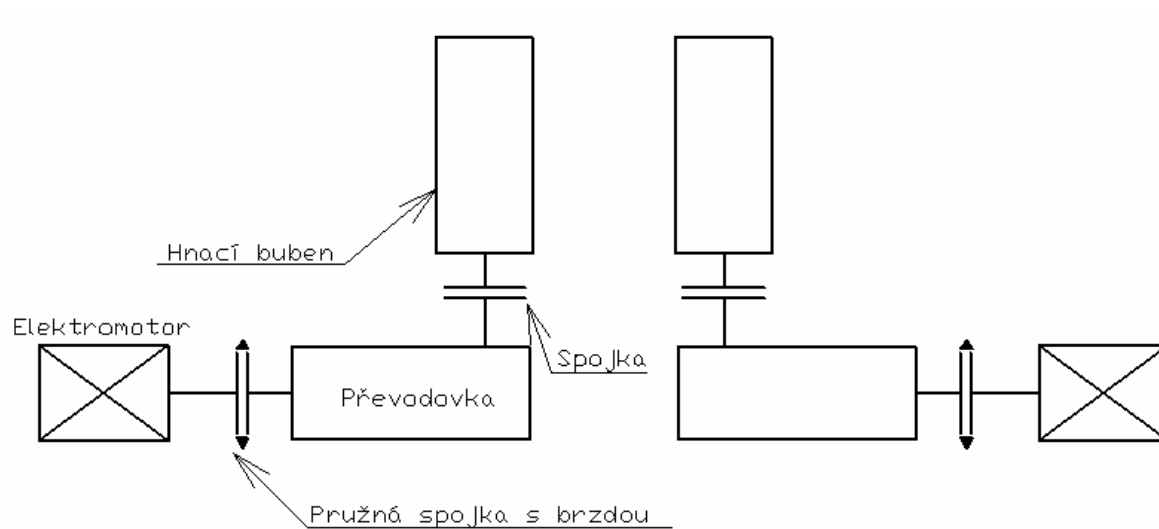
$$-261;712 \leq 4292 N \cdot m$$

Zvolená brzda svým momentem stačí na udržení pásového dopravníku v klidu.



Obr.31 Čelist'ová brzda Corrbeta [12]

#### 4.15 Schéma zvolené poháněcí stanice

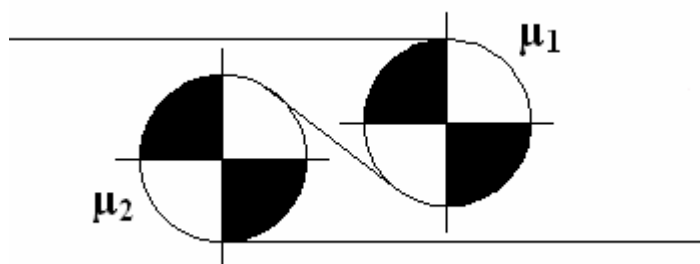


Obr.32 Schéma dvoububnového pohonu

## 5 ANALÝZA SOUČiniteLE TŘENÍ

Úkolem této části je zpracovat analýzu součinitele tření pro různé povrchy poháněných bubnů pásových dopravníků a jejich vliv na velikost přenášených sil.

Šipka znázorněná na **Obr.6** ukazuje směr dopravy. To znamená, že dopravní pás přichází na první poháněcí buben znečištěný od dopravovaného materiálu. Poté se dopravní pás otočí a na druhý buben už přichází čistší stranou. Tento fakt ovlivňuje to, že součinitele tření  $\mu_1$  a  $\mu_2$  nebudou stejné. Platí tedy vztah, že  $\mu_1$  je menší než  $\mu_2$ .



*Obr.33 Součinitele tření*

Z **Tab.1** jsem vybral následující hodnoty pro jednotlivé typy povrchů hnacího bubnu. Tyto hodnoty budou použity ve výpočtu pro jednotlivé varianty obložení.

| Povrch bubnu | Ocelový hladký | Pogumovaný hladký | Pogumovaný drážkovaný | Pogumovaný s keramickými destičkami |
|--------------|----------------|-------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| $\mu_1$      | 0,05           | 0,06              | 0,2                   | 0,42                                |
| $\mu_2$      | 0,1            | 0,21              | 0,29                  | 0,48                                |

*Tab.11 Zvolené součinitel tření*

## 5.1 Hladký ocelový buben

**Odbíhající síla:**

$$F_o \geq F_{\max} \cdot \frac{1}{e^{\mu_1 \cdot \alpha_{G1} + \mu_2 \cdot \alpha_{G2}} - 1} = 96783 \cdot \frac{1}{e^{0,05 \cdot 3,665 + 0,1 \cdot 3,665} - 1} = 157771 \text{ N} \quad [5.1]$$

$$\alpha_{G1,2} = \frac{210 \cdot \pi}{180} = 3,665 \text{ rad}$$

**Nabíhající síla:**

$$F_n = F_o + F = 157771 + 88942 = 246713 \text{ N} \quad [5.2]$$

**Napínací síla**

$$F_z \geq 2 \cdot (F_o - m_p \cdot L \cdot g \cdot \sin \varepsilon) = 2 \cdot (157771 - 13,2 \cdot 700 \cdot 9,81 \cdot \sin 8,21^\circ) = 289642 \text{ N} \quad [5.3]$$

volím napínací sílu 290000N

**Skutečná odbíhající síla**

$$F_{OS} = 0,5 \cdot F_z + m_p \cdot L \cdot g \cdot \sin \varepsilon = 0,5 \cdot 290000 + 13,2 \cdot 700 \cdot 9,81 \cdot \sin 8,21 = 157949 \text{ N} \quad [5.4]$$

**Skutečná nabíhající síla**

$$F_{nS} = 0,5 \cdot F_z + F + m_p \cdot L \cdot g \cdot \sin \varepsilon = 0,5 \cdot 290000 + 88942 + 13,2 \cdot 700 \cdot 9,81 \cdot \sin 8,21$$

$$F_{nS} = 246891 \text{ N} \quad [5.5]$$

### 5.1.1 Kontrola dopravního pásu

$$F_{dov} = \sigma_{dov} \cdot B \geq T_{\max} \quad [5.6]$$

$$T_{\max} = F_{ns} \text{ nebo } F_{os}$$

$$F_{dov} = 100 \cdot 1200 = 120000 \text{ N}$$

$$T_{\max} = F_{ns} = 246713 \text{ N}$$

$$F_{dov} \leq T_{\max}$$

$$120000 \leq 246891$$

**Kombinace zvoleného pásu a ocelového hladkého bubnu není možná. Tedy nelze použít v našem případě ocelový hladký buben**

## 5.2 Pogumovaný hladký buben

**Odbíhající síla:**

$$F_o \geq F_{\max} \cdot \frac{1}{e^{\mu_1 \cdot \alpha_{G1} + \mu_2 \cdot \alpha_{G2}} - 1} = 96783 \cdot \frac{1}{e^{0,06 \cdot 3,665 + 0,21 \cdot 3,665} - 1} = 68411 \text{ N} \quad [5.7]$$

$$\alpha_{G1,2} = \frac{210 \cdot \pi}{180} = 3,665 \text{ rad}$$

**Nabíhající síla:**

$$F_n = F_o + F = 68411 + 88942 = 157353 \text{ N} \quad [5.8]$$

**Napínací síla**

$$F_z \geq 2 \cdot (F_o - m_p \cdot L \cdot g \cdot \sin \varepsilon) = 2 \cdot (68411 - 13,2 \cdot 700 \cdot 9,81 \cdot \sin 8,21^\circ) = 110923 \text{ N} \quad [5.9]$$

volím napínací sílu 111000N

**Skutečná odbíhající síla**

$$F_{OS} = 0,5 \cdot F_z + m_p \cdot L \cdot g \cdot \sin \varepsilon = 0,5 \cdot 111000 + 13,2 \cdot 700 \cdot 9,81 \cdot \sin 8,21^\circ = 68449 \text{ N} \quad [5.10]$$

**Skutečná nabíhající síla**

$$F_{nS} = 0,5 \cdot F_z + F + m_p \cdot L \cdot g \cdot \sin \varepsilon = 0,5 \cdot 111000 + 88942 + 13,2 \cdot 700 \cdot 9,81 \cdot \sin 8,21^\circ$$

$$F_{nS} = 157391 \text{ N} \quad [5.11]$$

### 5.2.1 Kontrola dopravního pásu

$$F_{dov} = \sigma_{dov} \cdot B \geq T_{\max} \quad [5.12]$$

$$T_{\max} = F_{ns} \text{ nebo } F_{os}$$

$$F_{dov} = 100 \cdot 1200 = 120000 \text{ N}$$

$$T_{\max} = F_{ns} = 157391 \text{ N}$$

$$F_{dov} \leq T_{\max}$$

$$120000 \leq 157391$$

**Kombinace zvoleného pásu a pogumovaného hladkého bubnu není možná. Tedy nelze použít v našem případě pogumovaný hladký buben**

### 5.3 Pogumovaný drážkovaný buben

**Odbíhající síla:**

$$F_o \geq F_{\max} \cdot \frac{1}{e^{\mu_1 \cdot \alpha_{G1} + \mu_2 \cdot \alpha_{G2}} - 1} = 96783 \cdot \frac{1}{e^{0,2 \cdot 3,665 + 0,29 \cdot 3,665} - 1} = 23009 \text{ N} \quad [5.13]$$

$$\alpha_{G1,2} = \frac{210 \cdot \pi}{180} = 3,665 \text{ rad}$$

**Nabíhající síla:**

$$F_n = F_o + F = 23009 + 88942 = 111952 \text{ N} \quad [5.14]$$

**Napínací síla:**

$$F_z \geq 2 \cdot (F_o - m_p \cdot L \cdot g \cdot \sin \varepsilon) = 2 \cdot (23009 - 13,2 \cdot 700 \cdot 9,81 \cdot \sin 8,21^\circ) = 20120 \text{ N} \quad [5.15]$$

volím napínací sílu 20500N

**Skutečná odbíhající síla:**

$$F_{Os} = 0,5 \cdot F_z + m_p \cdot L \cdot g \cdot \sin \varepsilon = 0,5 \cdot 20500 + 13,2 \cdot 700 \cdot 9,81 \cdot \sin 8,21^\circ = 23199 \text{ N} \quad [5.16]$$

**Skutečná nabíhající síla:**

$$F_{nS} = 0,5 \cdot F_z + F + m_p \cdot L \cdot g \cdot \sin \varepsilon = 0,5 \cdot 20500 + 88942 + 13,2 \cdot 700 \cdot 9,81 \cdot \sin 8,21^\circ$$

$$F_{nS} = 112141 \text{ N} \quad [5.17]$$

#### 5.3.1 Kontrola dopravního pásu

$$F_{dov} = \sigma_{dov} \cdot B \geq T_{\max} \quad [5.18]$$

$$T_{\max} = F_{ns} \text{ nebo } F_{os}$$

$$F_{dov} = 100 \cdot 1200 = 120000 \text{ N}$$

$$T_{\max} = F_{ns} = 112141 \text{ N}$$

$$F_{dov} \geq T_{\max}$$

$$120000 \geq 112141$$

**Zvolený dopravní pás by vyhovoval.**

**Ocelový pogumovaný drážkovaný buben je možno použít.**

## 5.4 Pogumovaný s keramickými vložkami

**Odbíhající síla:**

$$F_o \geq F_{\max} \cdot \frac{1}{e^{\mu_1 \cdot \alpha_{G1} + \mu_2 \cdot \alpha_{G2}} - 1} = 96783 \cdot \frac{1}{e^{0,42 \cdot 3,665 + 0,48 \cdot 3,665} - 1} = 4434 \text{ N} \quad [5.19]$$

$$\alpha_{G1,2} = \frac{210 \cdot \pi}{180} = 3,665 \text{ rad}$$

**Nabíhající síla:**

$$F_n = F_o + F = 4434 + 88942 = 93377 \text{ N} \quad [5.20]$$

**Napínací síla:**

$$F_z \geq 2 \cdot (F_o - m_p \cdot L \cdot g \cdot \sin \varepsilon) = 2 \cdot (4434 - 13,2 \cdot 700 \cdot 9,81 \cdot \sin 8,21^\circ) = -17030 \text{ N} \quad [5.21]$$

v tomto případě by nebylo napínání pásu nutné

**Skutečná odbíhající síla**

$$F_{OS} = 0,5 \cdot F_z + m_p \cdot L \cdot g \cdot \sin \varepsilon = 0,5 \cdot 0 + 13,2 \cdot 700 \cdot 9,81 \cdot \sin 8,21 = 12949 \text{ N} \quad [5.22]$$

**Skutečná nabíhající síla**

$$F_{nS} = 0,5 \cdot F_z + F + m_p \cdot L \cdot g \cdot \sin \varepsilon = 0,5 \cdot 0 + 88942 + 13,2 \cdot 700 \cdot 9,81 \cdot \sin 8,21$$

$$F_{nS} = 101891 \text{ N} \quad [5.23]$$

### 5.4.1 Kontrola dopravního pásu

$$F_{dov} = \sigma_{dov} \cdot B \geq T_{\max} \quad [5.24]$$

$$T_{\max} = F_{ns} \text{ nebo } F_{os}$$

$$F_{dov} = 100 \cdot 1200 = 120000 \text{ N}$$

$$T_{\max} = F_{ns} = 101891 \text{ N}$$

$$F_{dov} \geq T_{\max}$$

$$120000 \geq 101891$$

**Zvolený dopravní pás by vyhovoval.**

**Pogumovaný buben s keramickými destičkami je možno použít.**

## 5.5 Zhodnocení analýzy

Z předcházejících výpočtů jsem došel k závěru, že pro zadaný dopravník je optimálním řešením pogumovaný drážkovaný buben.

| <b>Povrch bubnu</b>                      | $F_o$  | $F_n$  | $F_z$  | $F_{os}$ | $F_{ns}$ | <b>Výsledek</b>          |
|--|--------|--------|--------|----------|----------|--------------------------|
| <b>Hladký ocelový</b>                    | 157771 | 246713 | 290000 | 157949   | 246891   | <u><b>Nevyhovuje</b></u> |
| <b>Pogumovaný hladký</b>                 | 68411  | 157353 | 111000 | 68449    | 157391   | <u><b>Nevyhovuje</b></u> |
| <b>Pogumovaný drážkovaný buben</b>       | 23009  | 111952 | 20500  | 23199    | 112141   | <u><b>Vyhovuje</b></u>   |
| <b>Pogumovaný s keramickými vložkami</b> | 4434   | 93377  | 0      | 12949    | 101891   | <u><b>Vyhovuje</b></u>   |

Tab.12 Velikosti jednotlivých sil



## ZÁVĚR

V mé bakalářské práci jsem řešil konstrukční návrh pohonu pásového dopravníku. Při návrhu a výpočtu jsem vycházel hlavně z normy ČSN ISO 5048. Pro zadané dopravované množství, materiál (černé uhlí) a profil pásového dopravníku jsem se snažil najít optimální řešení pohonné jednotky z hlediska přenosových poměrů mezi bubnem a dopravním pásem. Díky vysoké velikosti potřebného provozního výkonu pásového dopravníku byl zvolen dvoububnový pohon s příkonem jednoho elektromotoru o velikosti 160 kW.

Jedna poháněcí stanice se skládá z čtyřpólového asynchronního elektromotoru s kotovu nakrátko. Spojka mezi elektromotorem a převodovkou byla zvolena pružná spojka ELKU od firmy Tyma. Tato pružná spojka je rovnou opatřena brzdovým kotoučem, na který bude namontována čelist'ová brzda od firmy Corrbeta, která bude po vypnutí pohonu udržovat dopravní pás v klidu a zabrání pohybu naplněného pásu směrem dolů. Jako převodovku jsem zvolil třístupňovou kuželočelní převodovku od firmy MKV Ozubená kola. Spojka mezi převodovkou a hnacím bubnem byla zvolena zubová spojka také od firmy Tyma. Celá poháněcí jednotka bude přimontována k jedné ocelové svařované konstrukci.

Součástí práce byla analýza, která měla určit, jaký typ povrchu hnacích bubnů by se nejlépe hodil na tento dopravník. Z analýzy vyplynulo, že hned dva druhy obložení by neprošly kontrolou dovoleného namáhání pásu. V případě, že bychom chtěli použít ocelový hladký nebo pogumovaný buben museli bychom použít kvalitnější pás nebo zvýšit šířku dopravního pásu. V případě použití hnacích bubnů s keramickými destičkami byla odbíhající síla tak malá, že nebylo nutné dopravní pás napínat. Nicméně by tato volba byla zbytečně drahá. Díky analýze jsem se rozhodl použít drážkované pogumované hnací bubny.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Fries, J.: *Pásové dopravníky, bubny a jejich výpočet*. 1.vyd. VŠB - Technická univerzita Ostrava. 2009. 189 s. ISBN 978-80-248-2080-4
- [2] Polák, J.;Bailotti, K.; Pavliska J.; Hrabovský L.: *Dopravní a manipulační zařízení II*. 1.vyd. VŠB - Technická univerzita Ostrava. 2003. 109 s. ISBN 80-248-0493-X
- [3].Boháč L.: *Keramické obložení válců pásových dopravníků*. 1.vyd. DvB-AF s.r.o. 2009. 7 s.
- [4] Keramika pro bubny pásových dopravníků [online] Dostupné z: <<http://www.flexco.cz/cz/pdf/flexco-5.pdf>>
- [5] Divize důlní stroje, pásové dopravníky [online] Dostupné z: <[http://www.ostroj.cz/cs/f/ostroj\\_cs/p/dulni%20stroje/PDF/pasove\\_dopr.pdf](http://www.ostroj.cz/cs/f/ostroj_cs/p/dulni%20stroje/PDF/pasove_dopr.pdf)>
- [6] Katalog dopravníkových válečků [online] Dostupné z: <<http://www.stomil.cz/Dokumenty/valecky.pdf>>
- [7] Matador Rubber s.r.o.[online] Dostupné z: <<http://www.matador.sk/index.cfm?Module=ActiveWeb&page=WebPage&s=firebelt>>
- [8] KVELB s.r.o [online] Dostupné z<<http://www.elektromotory.cz/goods/index/id/123>>
- [9] MKV Ozubená kola s.r.o [online] Dostupné z <<http://www.mkv.cz/katalog/pppd.doc>>
- [10] TYMA CZ, s.r.o. [online] Dostupné z <[http://www.tyma.cz/files/spojky/elku\\_april\\_2007.pdf](http://www.tyma.cz/files/spojky/elku_april_2007.pdf)>
- [11] TYMA CZ, s.r.o. [online] Dostupné z <[http://www.tyma.cz/files/spojky/zaku\\_april\\_2007.pdf](http://www.tyma.cz/files/spojky/zaku_april_2007.pdf)>
- [12] Mecalux s.r.o. [online] Dostupné z <<http://www.logismarket.cz/ip/corbetta-celisove-brzdy-katalog-corbetta-494927.pdf>>
- [13] Jednocestná ložiska [online] Dostupné z <<http://www.flexco.cz/cz/pdf/lozisko1.pdf>>
- [14] VVV MOST spol. s r. o. [online] Dostupné z <<http://www.vvvmost.cz/hnaci-magneticky-buben-hmb/>>
- [15] Semag [online] Dostupné z <<http://www.semag.pl/images/wyrgumfor/05.jpg>>
- [16] GTK, spol s r.o. [online] Dostupné z <<http://www.gtktupesy.cz/napinaci-a-hnaci-bubny-pasovych-dopravniku/buben.php>>

- [17] DvB-AF s.r.o. [online] Dostupné z < <http://www.flexco.cz> >
- [18] TRANZA a.s.. [online] Dostupné z < <http://www.tranza.cz/cs/dopravni-komponenty/bubny/> >
- [19] VVV MOST spol. s r. o [online] Dostupné z < <http://www.vvvmost.cz/pogumovani-a-keramicke-oblozeni-valcu/> >
- [20] AMG - Karel Pícha, s.r.o. [online] Dostupné z < <http://www.amgpicha.cz/bubny/pohaneci/> >

## SEZNAM OBRÁZKŮ

|  |    |
|--|----|
| <b>Obr.1</b> Schéma pásového dopravníku .....                        | 12 |
| <b>Obr.2</b> Poháněcí stanice důlního dopravníku .....               | 13 |
| <b>Obr.3</b> Poháněcí stanice pásového dopravníku .....              | 13 |
| <b>Obr.4</b> Některé typy poháněcích stanic pásových dopravníků..... | 14 |
| <b>Obr.5</b> Jednocestné ložisko .....                               | 15 |
| <b>Obr.6</b> Detail poháněcí stanice .....                           | 15 |
| <b>Obr.7</b> Schéma dvoububnového pohonu pásového dopravníku.....    | 16 |
| <b>Obr.8</b> Řez elektrobubnem .....                                 | 17 |
| <b>Obr.9</b> Uložení hnacího bubnu .....                             | 17 |
| <b>Obr.10</b> Hladký ocelový buben .....                             | 20 |
| <b>Obr.11</b> Pryžový pásek s keramickými destičkami .....           | 21 |
| <b>Obr.12</b> Keramické obložení bubnů Flex-Lag Weld .....           | 22 |
| <b>Obr.13</b> Typy keramického obložení .....                        | 22 |
| <b>Obr.14</b> Pogumovaný hnací buben pásového dopravníků .....       | 23 |
| <b>Obr.15</b> Pogumovaný hnací buben .....                           | 23 |
| <b>Obr.16</b> Hnací magnetický buben HMB .....                       | 24 |
| <b>Obr.17</b> Princip magnetického bubnu .....                       | 24 |
| <b>Obr.18</b> Žebrový buben .....                                    | 25 |
| <b>Obr.19</b> Klecový buben .....                                    | 25 |
| <b>Obr.20</b> Schéma navrhovaného dopravníku.....                    | 26 |
| <b>Obr.21</b> Schéma tříválečkového uspořádání .....                 | 28 |
| <b>Obr.22</b> Zvolený pás v praxi .....                              | 30 |
| <b>Obr.23</b> Elektromotor 1LG4316-4AA .....                         | 33 |
| <b>Obr.24</b> Schéma uspořádání poháněcí stanice.....                | 34 |
| <b>Obr.25</b> 3D model hnacího bubnu.....                            | 34 |
| <b>Obr.26</b> Parametry hnacího bubnu .....                          | 35 |
| <b>Obr.27</b> Parametry vratného bubnu.....                          | 36 |
| <b>Obr.28</b> Zvolená převodovka .....                               | 37 |
| <b>Obr.29</b> Pružná spojka .....                                    | 38 |
| <b>Obr.30</b> Zubová spojka .....                                    | 39 |
| <b>Obr.31</b> Čelist'ová brzda Corrbeta .....                        | 41 |
| <b>Obr.32</b> Schéma dvoububnového pohonu .....                      | 42 |
| <b>Obr.33</b> Součinitele tření .....                                | 43 |

## SEZNAM TABULEK

|   |    |
|---|----|
| <b>Tab.1</b> Orientační hodnoty součinitele tření .....                 | 19 |
| <b>Tab.2</b> Hodnoty základních parametrů dopravovaného materiálu ..... | 27 |
| <b>Tab.3</b> Rozměry zvolených válečků .....                            | 28 |
| <b>Tab.4</b> Parametry zvoleného pásu .....                             | 30 |
| <b>Tab.5</b> Parametry zvoleného elektromotoru .....                    | 33 |
| <b>Tab.6</b> Parametry poháněcího bubnu .....                           | 35 |
| <b>Tab.7</b> Parametry vratného bubnu .....                             | 36 |
| <b>Tab.8</b> Parametry zvolené převodovky .....                         | 37 |
| <b>Tab.9</b> Parametry pružné spojky .....                              | 38 |
| <b>Tab.10</b> Parametry zubové spojky .....                             | 39 |
| <b>Tab.11</b> Zvolené součinitel tření .....                            | 43 |
| <b>Tab.12</b> Velikosti jednotlivých sil .....                          | 48 |

## SEZNAM PŘÍLOH

### Výkresová dokumentace

|                  |                  |
|------------------|------------------|
| SB3KSZ01-01-S    | Pohonná jednotka |
| SB3KSZ01-01-K    | Kusovník         |
| SB3KSZ01-01-01   | Nosná konstrukce |
| SB3KSZ01-01-01-K | Kusovník         |

Děkuji prof. Ing. Jurmanovi, CSc.. za jeho odborné rady při řešení bakalářské práce.